

**Zeitschrift:** Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie  
**Band:** 52 (1960)  
**Heft:** 5-6

**Artikel:** Energiewirtschaft in Gegenwart und Zukunft  
**Autor:** Winiger, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-921746>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 16.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

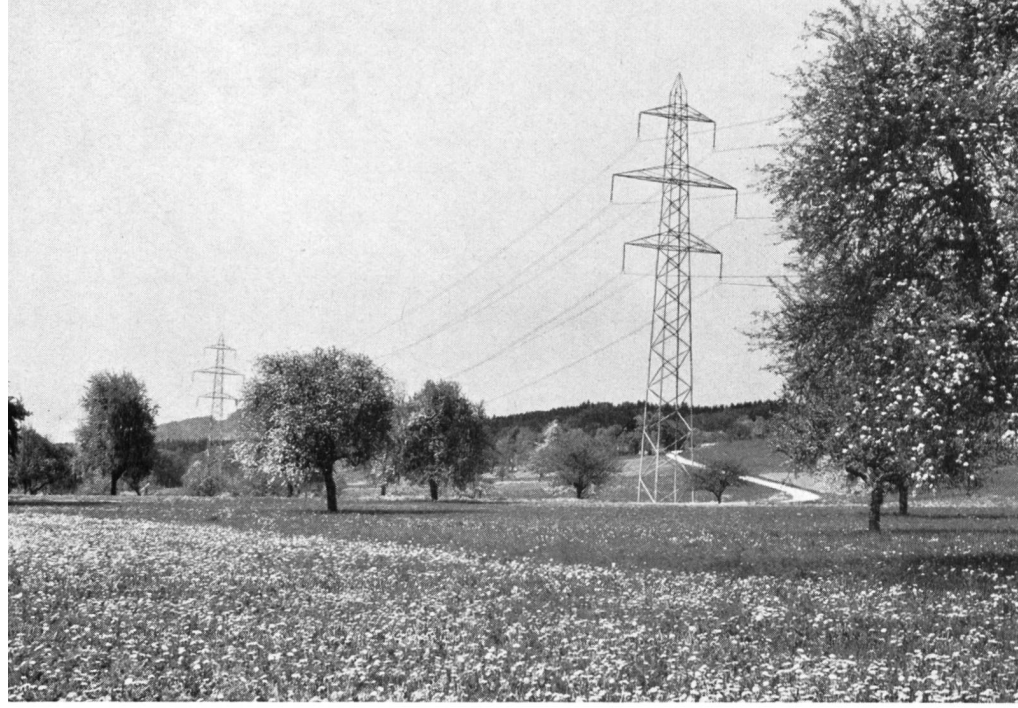


Bild 12  
Leitungsführung oberhalb  
Geuensee der 380-kV-Leitung  
Mettlen—Gösgen, vorläufig mit  
220 kV in Betrieb  
(Photo ATEL)

Abschließend sei bemerkt, daß das Eidg. Starkstrominspektorat für die nähere Zukunft, d. h. bis zum Endausbau unserer Wasserkraftanlagen, in einem Plan die im Rahmen des internationalen Verbundbetriebes noch zu verwirklichenden Höchstspannungsleitungen zusam-

mengefaßt hat. Wie sich der Leitungsbau in der weitem Zukunft, speziell unter Berücksichtigung allfälliger Atomkraftwerke, die zum größten Teil in der Nähe der Verbrauchszentren entstehen dürften, entwickeln wird, kann heute noch nicht abgesehen werden.

## Energiewirtschaft in Gegenwart und Zukunft

Dr. h. c. A. Winiger, Zürich<sup>1</sup>

DK 620.9

### I.

Ein Bewohner Westeuropas oder Nordamerikas bedarf im Mittel einer täglichen Nahrungsmenge, deren Energieinhalt rund 3000 Kalorien entspricht. Die erforderlichen Lebensmittel müssen erzeugt, gelagert, transportiert und verteilt werden. Diese Leistungen sind nur mit Hilfsmitteln durchführbar, die ihrerseits Energie absorbieren. Damit der zivilisierte Mensch sich vor Kälte schützen, angemessen kleiden, dezent wohnen, arbeiten, reisen und sich erholen kann, müssen ihm weitere Mengen von Energie zur Verfügung gestellt werden. Bezeichnen wir das in der täglichen Nahrung enthaltene Quantum an Rohenergie mit Eins, so erfordert die Befriedigung der übrigen Bedürfnisse Energiemengen, die weit über dieser untersten Grenze liegen. Die USA stehen an der Spitze mit einem zusätzlichen Energieverbrauch pro Kopf der Bevölkerung und pro Tag von 50 Einheiten, während Westeuropa und die UdSSR rund 14 Einheiten benötigen; der Rest der Welt muß sich im Mittel mit nur 3 Einheiten begnügen. Diese Vergleiche sind sehr aufschlußreich. Sie beleuchten die ungeheure zivilisatorische Leistung, die den vor Hunderttausenden von Jahren lebenden primitiven Menschen vom heutigen unterscheidet. Sie zeigen aber auch die Unterschiede zwischen den sogenannten entwickelten und unterentwickelten Gebieten unserer Erde. Den USA mit ihrem enormen Energieverbrauch stehen die großen Völker Asiens gegenüber, die erst am Beginn der Industrialisierungsperiode stehen und deren

größte Sorge zur Zeit noch darin besteht, den Hunger zu bekämpfen. Es steht außer allem Zweifel, daß unsere hochgezüchtete industrielle Zivilisation nicht denkbar wäre ohne die Hilfe der riesigen Energiemengen, die uns von der Natur zur Verfügung gestellt werden und die direkt oder indirekt auf die wärme- und lichtspendende Sonne zurückgehen, die sie ihrerseits aus Kernumwandlungsprozessen erzeugt.

Bevor ich näher auf die uns dargebotenen Energiequellen eingehe, gestatten Sie mir — auf die Gefahr hin, bereits Bekanntes zu wiederholen — über den Begriff der Energie als solcher einige Worte zu verlieren. In einer Rektoratsrede an der ETH über Energie hat Herr Professor Tank am Schluß seines Vortrages eine Definition gegeben, die den komplexen Charakter dieser Größe ins volle Licht setzt. Er sagte: «Energie ist zugleich höchste Realität und äußerste Abstraktion. Für den Physiker ist sie eine durch Messung gewonnene Erfahrung, für den Mathematiker eine Rechengröße, für den Kaufmann Reichtum und schließlich für uns alle, wie der ganze Schöpfungsplan, — ein Wunder». Wir wissen heute, daß Energie und Materie gleichen Wesens sind und daß in den unermesslichen Weiten des Weltalls Umwandlungen riesigen Ausmaßes zwischen diesen Bausteinen des Universums stattfinden, wobei die Summe aller im Weltall vorhandenen Energie und Masse sich nicht verändert. Mit anderen Worten entspricht jeder Zunahme der Energie eine dem Äquivalenzgesetz Einsteins entsprechende Verminderung der Masse und umgekehrt. Die Energie kann in verschiedenen Formen wirksam werden. Als mechanische Arbeit

<sup>1</sup> Nach einem Vortrag vom 20. Januar 1960 in der Zürcher Volkswirtschaftlichen Gesellschaft

hält sie Eisenbahnen und andere Transportmittel zu Wasser und zu Land in Bewegung, als Elektrizität beleuchtet sie unsere Wohn- und Arbeitsstätten und spielt eine wichtige Rolle in allen elektrochemischen Prozessen, als Wärme schützt sie uns vor Kälte und wirkt als unentbehrlicher Helfer in einer Menge industrieller Verfahren zur Verarbeitung und Veredelung von Rohstoffen. Besonderer Erwähnung bedarf die als Strahlung bezeichnete Energieform, die unserem Planeten die lebenswichtige Sonnenenergie zuführt und zukünftig auch im Zusammenhang mit den bei Kernumwandlungen entstehenden radioaktiven Isotopen eine bedeutende Stellung einnehmen wird. — Von allen Energieformen ist aber die Wärme die von der Natur bevorzugte, da alle andern sich nicht ineinander überführen lassen, ohne gleichzeitig der Wärme ihren Tribut zu zollen. So ist die Erzeugung von Elektrizität aus Wärme mit Verlusten verbunden, die sich auf rund  $\frac{3}{4}$  der im Brennstoff enthaltenen Rohenergie belaufen. Diese Verlustwärme geht in den meisten Fällen für uns endgültig verloren, da sie in das allgemeine Wärmemeer zurücksinkt und dessen Temperatur um eine Kleinigkeit erhöht. Ohne Wärmegefälle oder, mit andern Worten, ohne eine Temperaturdifferenz kann die Wärme nicht nutzbringend verwendet werden. Der größte Teil der aus Brennstoffen erzeugten Energie geht deshalb Jahr für Jahr unwiederbringlich verloren. Es muß daher unser Bestreben sein, diesen Wärmeverlust durch rationelle Bewirtschaftung auf ein Minimum zu reduzieren und die Umwandlung von Wärme in andere Energieformen entsprechend dem sogenannten 2. Hauptsatz der Thermodynamik bei möglichst hohen Temperaturen und großen Temperaturdifferenzen vorzunehmen.

## II.

Im Jahre 1958 betrug der Bedarf der Schweiz an Rohenergie schätzungsweise 80 Milliarden kWh, entsprechend dem Äquivalent von 10 Millionen Tonnen guter Steinkohle. Diese Menge ließe sich fortschaffen in 10 000 Eisenbahnzügen, die je 50 Wagen zu 20 Tonnen aufwiesen und aneinandergereiht eine Strecke von 5000 km Länge überdecken würden.

Die in unserm Land verbrauchte Energiemenge stammte nur zu 26% aus Kohle, während 43% aus flüssigen Brennstoffen erzeugt wurden; 25% verdankten wir unsern Wasserkraften und die restlichen 6% entfielen auf Brennholz und Torf.

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß unsere Wasserkraft, obschon sie bereits dem Vollausbau entgegengehen, nur  $\frac{1}{4}$  unseres Bedarfs an Rohenergie decken können. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei der Umwandlung der im fallenden Wasser enthaltenen Energie in die edle Form von Elektrizität je nach Umständen nur 20—25% verloren gehen, während es bei der Erzeugung aus Brennstoffen 60—80% sein würden. Besonderer Erwähnung bedarf der große Anteil der flüssigen Brennstoffe an der Belieferung unseres Energiemarktes, der seit 1920 von 1,6% auf heute über 40% angewachsen ist, während im gleichen Zeitraum der prozentuale Anteil der Kohle von 70% auf 26% zurück-sank. Mengenmäßig hat sich der Verbrauch an Kohle während dieser Periode von fast 40 Jahren nahezu auf gleicher Höhe gehalten. Die Zunahme des Energiebedarfs um etwas über 150% ist mit andern Worten, mit Ausnahme der Wasserkraft, fast ausschließlich durch flüssige Ölprodukte gedeckt worden. Infolge des

zur Zeit günstigen Angebotes von Heizöl und der fortschreitenden Motorisierung wird diese Entwicklung noch einige Zeit andauern, bis Verknappungsfaktoren und eine damit parallel gehende Preiserhöhung einen Tendenzumschwung erzwingen. Mit der Zunahme der Energiebedürfnisse verliert der Anteil unserer hydraulischen Energie am gesamten Energieaufkommen immer mehr an Bedeutung, trotzdem sie wie das Holz den eminenten Vorteil aufweist, sich ständig zu erneuern. Sie fällt uns in Form von Zinsen an und nicht als Kapitalverzehr wie die Produkte der Öl- und Naturgasquellen, Kohlen-gruben und Uranminen.

Wenn wir uns nun den Verhältnissen auf der ganzen Erdoberfläche zuwenden, so läßt sich auf Grund der zur Verfügung stehenden Unterlagen für das Jahr 1956 — den zuletzt nachgeführten Statistiken internationaler Organisationen — ein Verbrauch an Rohenergie schätzen, der etwa 400mal größer ist als derjenige unseres Landes. Auf Kohle übertragen entspräche dies 4 Millionen Eisenbahnzügen von rund 2 Millionen km Länge, entsprechend dem 50fachen Erdumfang oder der 5fachen Entfernung von der Erde zum Mond. Annähernd 40% dieser Verbrauchsmenge entfallen auf die Vereinigten Staaten von Amerika, obschon die Bevölkerung dieses Landes nur 6% der Bewohner der Erde umfaßt. Die einzelnen Energieträger partizipieren am gesamten Weltaufkommen mit folgenden Anteilen:

- 41% entfallen auf Steinkohle und Braunkohle, im Verhältnis von  $\frac{3}{4}$  zu  $\frac{1}{4}$ ;
- 38% umfaßt der Anteil des Erdöls und des Naturgases, wobei annähernd  $\frac{1}{4}$  auf Naturgas entfallen dürfte;
- 14% schätzungsweise tragen Abfallstoffe aller Art zur Energieerzeugung bei und mit
- 5% ist das Brennholz am Energieaufkommen beteiligt.

Der Rest von

- 2% wird durch die Rohwasserkraft aufgebracht.

Der Weltverbrauch an Rohenergie hat sich von 1910 bis 1956 um rund 120% erhöht, im wesentlichen durch die Zunahme der Erzeugung von Erdöl und Naturgas, die in der gleichen Periode nicht weniger als 1700% betrug. Demgegenüber ist der Bedarf an Rohenergie aus Kohle im selben Zeitraum nur um 44% gestiegen und hat seinen Höhepunkt anfangs der vierziger Jahre bereits überschritten. Einigermaßen ins Gewicht fällt noch die Verwertung von Abfallstoffen für die Energieerzeugung; dagegen spielt die Wasserkraft, weltweit gesehen, eine ganz untergeordnete Rolle.

Die vorgehend skizzierten Verhältnisse auf dem Markt der Rohenergie stützen sich auf Unterlagen, die größenordnungsmäßig verläßlich sind, wenn sie auch im einzelnen viele Unsicherheiten aufweisen. Sobald wir uns aber auf das Glatteis der Prognosen begeben, müssen wir uns bewußt sein, daß der Unsicherheitsfaktor progressiv wächst mit der Länge der Zeitabschnitte, über die sich die Extrapolation erstreckt. Alle Voraussagen beruhen auf gewissen Annahmen, die sich schon in kurzer Zeit als falsch erweisen können. Trotzdem darf nicht darauf verzichtet werden, sich über die zukünftige Entwicklung ein Bild zu machen, um allzu krasse Fehldispositionen nach Möglichkeit zu vermeiden. Wenn ich mir im folgenden erlaube, einige Hinweise auf die Entwicklung der Energiewirtschaft in der Zukunft zu geben, so geschieht dies vor allem unter

der Voraussetzung, daß kein dritter Weltkrieg die Menschheitsgeschichte unseres Planeten abrupt zu einem tragischen Ende führt. Es sei auch angenommen, daß sich die weitere Entwicklung und Ausweitung der Weltwirtschaft nach ökonomischen Gesetzen vollzieht, deren Wirksamkeit nicht durch den Eingriff der Staatsmacht zu stark paralysiert wird. Mit andern Worten wird erwartet, daß das Spiel von Angebot und Nachfrage seinen Sinn nicht verliert und daß auch in Zukunft wirtschaftliche Überlegungen wesentlichen Einfluß auf die Gestaltung des Energiemarktes nehmen können.

Vor allem müssen wir feststellen, daß zur Zeit ein Überangebot an flüssigen und festen Brennstoffen besteht. Bei den festen Brennstoffen ist die Nachfrage infolge der Konkurrenz der Erdölprodukte stark zurückgegangen, während bei diesen in den letzten Jahren so viele neue Lagerstätten entdeckt worden sind, daß die Erzeugungsmöglichkeiten trotz der erhöhten Nachfrage den Bedarf übersteigen. Es ist nicht anzunehmen, daß sich diese Grundtendenz in den nächsten 5—10 Jahren ändern wird. Man tut aber gut daran, sich die geographische Verteilung der zur Verfügung stehenden Reserven an Erdöl ständig vor Augen zu halten. Das Schwergewicht der Öllagerstätten liegt zur Zeit auf der breiten Landzone, die den Kontinent Asien mit Afrika verbindet und auf der einen Seite vom Mittelmeer und auf der andern Seite von den Gewässern des Persischen Golfs bespült wird. Diese Brücke zwischen den beiden Kontinenten ist durchkreuzt vom Roten Meer, das seine Bedeutung als wichtige Transportader im Zusammenhang mit dem Suezkanal schon zur Genüge zur Geltung gebracht hat. Dieser an Vegetation arme, aber an flüssigem Gold reiche Landstrich steht zum großen Teil unter der Souveränität von Staaten, bei denen ein extremer Nationalismus zu Reaktionen führen kann, die mit der sprichwörtlichen Weisheit des Morgenlandes schwer zu vereinbaren sind. Andererseits stehen sie vor der großen Aufgabe, das Lebensniveau ihrer Bewohner zu heben, und sind deshalb auf die Einnahmen aus ihren Bodenschätzen angewiesen. Da die Wirtschaft des freien Westens vorläufig noch kaufkräftiger ist als der größte Teil des Ostens, so ist ein allzu großer Pessimismus im Hinblick auf die Greifbarkeit dieser Energiequelle gegenwärtig nicht am Platz.

Es darf auch angenommen werden, daß die Zunahme des Energiekonsums in den nächsten 10 Jahren nicht solche Ausmaße annehmen wird, daß er die Verhältnisse auf dem Energiemarkt grundlegend umgestaltet. Sobald wir aber größere Zeiträume ins Auge fassen, beispielsweise nur das Ende unseres Jahrhunderts, ändert sich das Bild gewaltig. Zwei Vorgänge treten dann voll in Erscheinung, die tiefgreifende Auswirkungen zeitigen können.

### III.

In erster Linie muß dem Umstand Rechnung getragen werden, daß die Erdbevölkerung in beängstigender Progression wächst. Sie umfaßt zur Zeit ungefähr 2,9—3 Milliarden Menschen und nimmt Jahr für Jahr um rund 50 Millionen zu. Durch die Fortschritte von Medizin und Hygiene, die einer ständig wachsenden Zahl von Bewohnern unserer Erde zugute kommen, wird gleichzeitig das mittlere Lebensalter gehoben. Selbst bei vorsichtigen Annahmen muß auf Ende des Jahrhunderts mit einer Bevölkerungszahl von über 5 Mil-

liarden gerechnet werden. Diese Menschenmassen bedürfen der Nahrung, der Kleidung und des Schutzes vor der Unbill der Witterung, und ihre Lebenshaltung sollte allein schon aus politischen Gründen höher sein als heute.

Die fortschreitende Steigerung der Ansprüche an materielle Besserstellung und die damit zusammenhängende industrielle und landwirtschaftliche Expansion, verbunden mit zunehmender Rationalisierung und Automatisierung der Erzeugungsmethoden, werden an die Energiewirtschaft der Zukunft höchste Anforderungen stellen. Sie sollte jederzeit in der Lage sein, der Nachfrage nach Energie und Leistung zu tragbaren Preisen zu genügen.

Damit die geschilderte Entwicklung Platz greifen kann, sind noch zwei weitere Voraussetzungen zu erfüllen, die im folgenden kurz angedeutet werden.

Durch rationelle Bewirtschaftung des fruchtbaren Bodens, die Erschließung neuer Anbauflächen und die Bewässerung von Trockengebieten ist zu versuchen, der Nahrungssorgen der wachsenden Bevölkerung Herr zu werden. Trotzdem heute noch über die Hälfte der Menschheit ungenügend mit Lebensmitteln versorgt ist, scheint es bei optimalem Einsatz aller Beteiligten und der Bereitstellung entsprechend großer Mittel möglich zu sein, mit der Zeit das Gespenst des Hungers zu bannen. Es sei hier nur auf die von Erfolg gekrönten Anstrengungen hingewiesen, die das kleine Land Israel in stand gesetzt haben, seinen Einwanderern Brot und Arbeit zu sichern.

Zur Verbesserung der Lebenshaltung bedarf es ferner einer Ausweitung der industriellen Produktion auf allen Gebieten. Sie bedingt die Sicherstellung der unentbehrlichen Rohstoffe, die man in zwei Kategorien trennen kann, nämlich in solche, die für die Energieerzeugung nicht in Frage kommen, wie beispielsweise Eisen und andere Metalle, und solche, die sich als Brennstoffe eignen, aber gleichzeitig als Grundstoffe für die synthetisch-organische Chemie von Bedeutung sind. Zu diesen gehören vor allem die Kohle und ihre Derivate, sowie die flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffe und das Holz.

Alle Vorkommen an diesen unentbehrlichen Ausgangsmaterialien gehen — mit Ausnahme des Holzes — über kurz oder lang der Erschöpfung entgegen. Die Energiewirtschaft interessieren nur die Brennstoffe, die gleichzeitig als chemische Ausgangsprodukte eine immer größere Rolle zu spielen haben und mit denen wir uns im folgenden Abschnitt etwas eingehender beschäftigen wollen.

### IV.

Nach den bis zum Jahre 1956 vorliegenden statistischen Unterlagen für die Erzeugung und den Verbrauch von fossilen Brennstoffen und den Schätzungen der zur Verfügung stehenden Reserven hätte man bei Fortdauer des bisherigen Regimes mit der Erschöpfung der ausbeutbaren Lagerstätten in absehbarer Zeit zu rechnen. Selbst wenn man berücksichtigt, daß in den kommenden Jahren die Prospektion von neuen Vorkommen an Kohle, Erdöl und Naturgas sehr erfolgreich ist, ginge die Lebensdauer dieser Energiequellen aller Wahrscheinlichkeit nach bei der Kohle nicht über Tausende bis Zehntausende und bei den flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffen nicht über Hunderte bis Tausende von Jahren hinaus. Das sind aber lächerlich

kurze Zeitabschnitte im Verhältnis zum Alter des Menschengeschlechtes. Angesichts dieser Tatsache sowie der voraussichtlichen Zunahme der Erdbewohner und der aus weltpolitischen Überlegungen notwendigen Hebung der Lebenshaltung der Bevölkerung materiell in der Entwicklung zurückgebliebener Länder drängt sich gebieterisch die Forderung nach Schonung unserer Rohstoffquellen auf. Sie kann erreicht werden durch sparsamere Bewirtschaftung und durch Ersatz derjenigen Grundstoffe, die gleichzeitig der Energieerzeugung dienen, durch neue Energiequellen, die die Rohstoffbasis nicht beeinträchtigen. Am naheliegendsten wäre die direkte Ausnützung der Sonnenstrahlung. Ihre Dichte an der Erdoberfläche ist aber so gering, daß es selbst unter günstigen Umständen riesige Aufnahmeflächen mit entsprechend teuren Einrichtungen braucht, um große Leistungen zu erzielen. Trotzdem besteht Aussicht, daß die direkte Nutzbarmachung der Sonnenenergie in der Zukunft eine gewisse Rolle spielen wird. Die Möglichkeit, die Energie des Windes und der Gezeiten in großem Ausmaß verwerten zu können, ist wegen der damit verbundenen hohen Anlagekosten und der Abhängigkeit von der Witterung bzw. von Ebbe und Flut noch viel weniger aussichtsreich. Es gibt noch eine ganze Anzahl anderer physikalischer Effekte, die später einmal zur Energieerzeugung und Umwandlung in beschränktem Umfang in Frage kommen könnten; es ist aber noch vollständig ungewiß, ob sie überhaupt einmal Bedeutung erlangen werden.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß zur Zeit einzig die Kernenergie in der Lage ist, die fossilen Brennstoffe als Energieträger zu ersetzen. In erster Linie kommt die bei der Spaltung von schweren Atomkernen freiwerdende Energie in Frage und in einem späteren Zeitpunkt, der vielleicht um das Jahr 2000 herum liegen dürfte, die Kernfusion, auf die ich noch zurückkomme. Nebenbei sei bemerkt, daß auch die Sonnenenergie durch einen recht komplizierten Kernumwandlungsprozeß erzeugt wird.

Auf die Gefahr hin, bekannte Dinge zu wiederholen, möchte ich kurz ein paar grundsätzliche Bemerkungen über die Kernspaltung einflechten. Metallisches, aus Erzen verschiedenartigster Zusammensetzung gewonnenes Natur-Uran besteht aus einer Mischung von zwei sogenannten Isotopen, U 238, das zu 99,3% vorhanden ist, und U 235, das die restlichen 0,7% einnimmt. Die Isotopen ein und desselben Elements sind chemisch gleichwertig. Sie unterscheiden sich nur durch die Masse ihres Atomkerns, der aus kleinsten Teilchen besteht, die durch ungeheure Kräfte zusammengehalten werden. Diese Nukleonen besitzen annähernd die gleiche Masse; sie unterscheiden sich aber dadurch, daß ein Teil von ihnen, die sogenannten Protonen, eine elektrische Ladung besitzen, während die übrigen, die sogenannten Neutronen, elektrisch neutral sind. Das Atom eines bestimmten Elementes weist in seinem Kern immer die gleiche Zahl Protonen auf, während die Menge der ihnen zugeordneten Neutronen wechseln kann. Atomkerne mit der selben Zahl von Protonen, aber mit einer von einander abweichenden Zahl von Neutronen werden als Isotopen bezeichnet. Der Kern des Uranatoms beispielsweise umfaßt 92 Protonen und 146 Neutronen, wenn es sich um das nicht spaltbare, stabile Isotop 238 handelt, während das Isotop 235 drei Neutronen weniger aufweist.

Wird nun ein Kern dieses Isotops mit einem fremden Neutron beschossen, so zerfällt er in zwei oder mehr Teile unter starker Entwicklung von Strahlung, Wärme und zwei bis drei frischen Neutronen. Die bei diesem Vorgang frei werdende Energiemenge beläuft sich auf das Millionenfache der durch chemische Vorgänge erzielbaren Wärmemengen. Während bei der Verbrennung

von 1 kg Kohle	8,1 kWh
von 1 kg Heizöl	11,2 kWh
und von 1 kg Wasserstoff	33,4 kWh

erzeugt werden, ergibt die bei der Kernumwandlung von 1 kg U 235 erzeugbare Energie 25 Millionen kWh. Dabei wird nur 1% der Masse in Energie umgesetzt. Bei vollständiger Zerstrahlung der Materie wäre die erzeugte Energie noch 1000mal größer und würde damit die gesamte Jahreserzeugung unserer Kraftwerke erklecklich übersteigen.

Uran 235 ist somit ein sehr konzentrierter Brennstoff, aber leider nur mit sehr hohen Kosten von seinem Isotopenbruder U 238 zu trennen. Da beide Isotopen, wie schon erwähnt, chemisch vollständig identisch sind, können sie nicht auf chemischem Weg, sondern nur durch kostspielige physikalische Prozesse getrennt werden. Es ist allerdings möglich, Reaktoren zu bauen, bei denen Natururan «tel quel» als Brennstoff verwendet wird; aber in den meisten Fällen ist es aus den verschiedensten Gründen erwünscht, die natürliche Mischung der beiden Isotopen durch Erhöhung des Anteils an U 235 anzureichern.

Wenn man für die zukünftige Energieversorgung nur auf das in der Natur vorkommende U 235 angewiesen wäre, so würden die heute bekannten Vorkommen an abbauwürdigen Erzen ausreichen, um den Energiebedarf während einiger Jahrhunderte zu decken, d. h. für eine Zeitspanne gleicher Größenordnung, wie die flüssigen und gasförmigen Kohlenwasserstoffe. Das wäre selbstverständlich keine Lösung des beängstigenden Problems der zukünftigen Energieversorgung.

Glücklicherweise ist es aber gelungen, einen Weg zu finden, um das Uranisotop 238, das 140mal häufiger vorhanden ist, durch Kernumwandlung in ein neues Element, Plutonium genannt, überzuführen. Dieses neue, künstlich erzeugte Atom aus der Reihe der sogenannten Transurane hat ähnliche Eigenschaften wie der spaltbare Kern des U 235. Außerdem ließ sich aus dem Element Thorium durch Kernumbildung ein Uranisotop 233 herstellen, das ebenfalls als Brennstoff für Reaktoren in Aussicht genommen werden kann. Damit stehen für die Erzeugung von Atomenergie drei spaltbare Stoffe zur Verfügung, die auf die schweren Elemente Thorium und Uran zurückgehen. Diese sind in bedeutenden Mengen in der Erdkruste vorhanden, allerdings zum großen Teil in Konzentrationen, die einen Abbau vorderhand verunmöglichen. Es ist aber nicht ausgeschlossen, daß weitere Fortschritte in der Reaktortechnik einmal zu einem Punkt führen, an dem auch die Ausbeutung armer Erze sich noch lohnt. So ist die Möglichkeit durchaus nicht von der Hand zu weisen, daß der Granit unserer Berge, an dem wir keinen Mangel leiden, zukünftigen Generationen wegen seines schwachen Gehaltes an Thorium und Uranium dereinst als willkommener Energiespender erscheinen wird.

Wir wissen, daß die Verschmelzung der Kerne leichter Atome wie Wasserstoff und seine Isotopen so-

wie Lithium, wie sie Ihnen aus den Geschehnissen um die Wasserstoffbombe bekannt ist, zu sehr starken Energiekonzentrationen führt. Dabei kann ein Ausgangsmaterial benützt werden, das auch uns ohne weiteres zugänglich ist, nämlich Wasser. Aus einem Kilogramm dieses, auch für die Erhaltung des Lebens unentbehrlichen Stoffes, das 0,16 g Deuterium, ein Isotop des Wasserstoffes, enthält, lassen sich theoretisch 3700 kWh erzeugen, während es 1000 kg Wasser braucht, um über ein Gefälle von 450 m 1 kWh zu produzieren. Sollte es gelingen, in absehbarer Zeit ein Verfahren zur Nutzbarmachung der Energie aus Kernfusionen für friedliche Zwecke zu entwickeln, so wäre das Problem der Bereitstellung ausreichender Energiemengen auf weiteste Sicht gelöst.

Vorläufig wird unter Einsatz beträchtlicher Mittel an der Entwicklung von Reaktoren gearbeitet, die auf dem Vorgang der Kernspaltung beruhen und es ermöglichen sollen, Energie zu konkurrenzfähigen Preisen zu erzeugen. In England, in den USA und in Frankreich sind bereits Atomkraftwerke großer Leistung im Betrieb, die elektrische Energie in die bestehenden Netze abgeben. Der Nachweis der Wirtschaftlichkeit ist bis anhin noch nicht erbracht worden. Es ist aber nicht daran zu zweifeln, daß es gelingen wird, mit der Zeit Anlagen zu bauen, die auch diesem Anspruch genügen. Die Entwicklung ist in vollem Fluß und geht in der Richtung der Erzeugung möglichst hoher Temperaturen bei tunlichst einfacher Bauart.

Es ist hier am Platz, auf die besonderen Vorteile der Energieerzeugung durch Kernspaltung hinzuweisen und die Schwierigkeiten etwas näher zu beleuchten, die der neue Energieträger mit sich bringt. Aus dem früher Gesagten geht hervor, daß der «Atom-Brennstoff» außerordentlich konzentriert ist, d. h. daß schon geringe Quantitäten genügen, um bedeutende Energiemengen zu erzeugen. Die Transportspesen für die Brennelemente fallen deshalb trotz der beim Versand zu beobachtenden Vorsichtsmaßregeln kaum ins Gewicht. Bei den konventionellen Brennstoffen dagegen liegen die Verhältnisse anders. Die Kosten für das Heranführen von festen Brennstoffen schwanken je nach Transportart in weiten Grenzen, wobei Frachter die niedrigsten Sätze aufweisen, jedoch nur beschränkt verwendbar sind. Für flüssige Brennstoffe ist der große Tanker das billigste Transportmittel; dann folgen in der Reihe steigender Kosten die Rohrleitung, der Flußkahn und schließlich die Eisenbahn.

Während aber die Kohle und die flüssigen Brennstoffe die Anlage teurer Lagerplätze und Tankfarmen erfordern, ist der Atombrennstoff wegen seines kleinen Volumens und seiner praktisch unbeschränkten Haltbarkeit mit wenig Kosten und auf lange Zeit aufbewahrungsfähig.

Es sind vor allem drei Probleme, die — abgesehen von der Frage der Wirtschaftlichkeit — der raschen Einführung der Atomenergie entgegenstehen:

Die Beschaffung des Brennstoffes ist für Länder, die nicht über eigene Erzlagerstätten verfügen, mit Schwierigkeiten verbunden. Die Atom-Agentur der UNO in Wien bemüht sich, als Zentralstelle für die Vermittlung von Uran zu wirken. Es ist heute verhältnismäßig leicht, Natururan in metallischer oder anderer Form zu erhalten; dagegen wachsen die Schwierigkeiten rapid, sobald ein Bedarf an angereichertem Brennstoff vor-

liegt. Bei diesem wird der Anteil des Isotops U 235, der im Natururan nur 0,7% beträgt, durch sehr kostspielige physikalische Prozesse künstlich auf Werte erhöht, die sich auf 20% und mehr belaufen können. Die Verwendung angereicherter Brennstoffes führt zu räumlich konzentrierteren Reaktorbauarten und erlaubt die Herstellung von Typen, die sich für das sogenannte «breeding» oder Brüten eignen, d. h. die neben Energie auch künstliche Spaltstoffe in bedeutenden Mengen erzeugen können. Außer Rußland, das vorläufig für die Lieferung von angereichertem Brennstoff nicht in Frage kommt, verfügen nur die USA und England über sogenannte Isotopentrennanlagen, die in der Lage sind, angereichertes Material zu liefern. Da die Produktion der englischen Anlage die eigenen Bedürfnisse wahrscheinlich nicht übersteigt, ist die freie Welt praktisch von den USA abhängig und muß sich den von diesem Land aufgestellten Vorschriften und Kontrollmaßnahmen unterwerfen. Da die Frage der Verwendung angereicherter Spaltstoffe für die Festlegung des Reaktortyps von großem Einfluß ist, wird die Freiheit in der Wahl des Brennstoffzyklus stark eingeschränkt. Es ist aber damit zu rechnen, daß über kurz oder lang auch auf dem europäischen Kontinent Isotopentrennanlagen entstehen werden, wahrscheinlich vorerst in Frankreich. Diese Fabrikationsstätten benötigen für ihren Betrieb riesige Mengen billigster elektrischer Energie. Sie wären ein idealer Abnehmer der in Afrika noch der Erschließung harrenden Wasserkraft.

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Energieerzeugung durch Kernumwandlung ist die Sicherheit und der Schutz der Bevölkerung gegen die Wirkung radioaktiver Strahlung. Es ist vor allem Aufgabe einer vernünftigen Gesetzgebung, die notwendigen Vorschriften zu erlassen, um den berechtigten Ansprüchen an den Strahlenschutz voll Genüge zu leisten, ohne den Bau von Kernkraftwerken durch übertriebene Forderungen zu verunmöglichen. Die Sicherheitsfrage wird bei der Entwicklung von Reaktoren eine besonders wichtige Rolle spielen, da man später auch in dicht besiedelten Gegenden Anlagen errichten muß, um die Atomenergie zur Wärmeerzeugung einsetzen und fossile Brennstoffe sparen zu können. Die Belieferung von Heiz-, Klimatisierungs- und Warmwasser-Anlagen und die Befriedigung des Wärmebedarfs industrieller Betriebe stehen dabei im Vordergrund.

Ein weiteres, nicht leichtzunehmendes Problem stellt sich dem Ingenieur und Physiker auf dem Gebiet der Lagerung, Verarbeitung und Beseitigung der radioaktiven Abfälle. Bei der Kernumwandlung entsteht eine Reihe von Spaltprodukten, deren Halbwertzeit, d. h. die Zeitspanne, bis zu der die Radioaktivität auf die Hälfte abgesunken ist, sich zum Teil über viele Jahre erstreckt. So beträgt beispielsweise die Halbwertzeit des natürlich radioaktiven, in der Erdkruste enthaltenen Urans 4,5 Milliarden Jahre, während die Strahlung der künstlich erzeugten radioaktiven Isotopen viel rascher abklingt. Das in der Literatur oft erwähnte Spaltprodukt Strontium 90 weist noch eine Halbwertzeit von 28 Jahren auf, wogegen glücklicherweise die meisten übrigen im Reaktor entstehenden radioaktiven Zerfallprodukte viel kurzlebiger sind; ihre Strahlung geht schon nach Sekunden, Minuten und Stunden auf ungefährliche Werte zurück. Zur Zeit liefert man die unbrauchbar gewordenen Brennelemente nach Abklingen von meh-

reren Wochen im Wasserbad an eine chemische Wiederaufbereitungsanlage ab, in welcher diejenigen Bestandteile herausgelöst werden, die wieder verwendungsfähig sind, wie beispielsweise Plutonium. Der Rest wird in flüssiger oder fester Form in Tanks oder Felskavernen deponiert, bis er unschädlich geworden ist. Die Verarbeitung der Abfallprodukte und die Lagerung des nicht weiter verwendbaren hochradioaktiven Restes ist mit hohen Kosten verbunden. Sie bilden noch einen der wichtigen Unsicherheitsfaktoren bei der Berechnung der Gesteungskosten von Kernenergie. Es ist zu hoffen, daß es mit der Zeit gelingt, mindestens einen Teil der energiereichen Strahlung der Abfallstoffe nutzbar zu verwerten.

## V.

Wie stellt sich nun die Frage der zukünftigen Energieversorgung für die Schweiz? Bis zum Jahre 1965 dürfte der Verbrauch unseres Landes an Rohenergie auf schätzungsweise 107 Milliarden kWh angestiegen sein, gegenüber 88 Milliarden im Jahre 1959. Dies entspräche einer Zunahme von etwas mehr als 20%. Der Anteil der Kohle am gesamten Bedarf würde sich auf 25% belaufen, während 44% durch flüssige Brennstoffe zu decken wären. Holz und Torf steuerten 5% zu der Energiebilanz bei und der Anteil der Wasserkräfte betrüge 26%. Er entspräche einer Erzeugung an elektrischer Energie ab Generator клемme von rund 22 Milliarden kWh oder 30% mehr als im Jahre 1959.

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß wir mindestens 70% unserer Rohenergie vom Ausland beziehen und mit Devisen bezahlen müssen. Um das Jahr 1975 wird der Ausbau unserer Wasserkräfte, soweit er mit Rücksicht auf Heimatschutz und Wirtschaftlichkeit verantwortet werden kann, praktisch beendet sein. Die aus dieser unerschöpflichen Quelle fließende Energie wird sich in einem Jahr mittlerer Wasserführung auf 33 bis 35 Milliarden kWh belaufen und in der edelsten Energieform zur Verfügung stehen. Bei weiterem Anwachsen des Bedarfs an elektrischer Energie müssen thermische Kraftwerke eingesetzt werden, bei denen der größere Teil der zu ihrem Betrieb aufgewendeten Rohenergie als Verlust zu buchen ist.

Es steht wohl außer Zweifel, daß in diesem Zeitpunkt die Atomenergie für die zukünftige Versorgung unseres Landes mit elektrischer Kraft und Wärme den ersten Platz einnehmen wird. Der zu ihrer Erzeugung benötigte Brennstoff ist nicht mit ins Gewicht fallenden Transportkosten belastet. Er läßt sich ohne Substanzverlust mit geringen Kosten auf beliebige Zeit lagern und eignet sich deshalb zur Anlage von großen, im Landesinteresse liegenden Reserven. Die Nutzbarmachung der Kernenergie für friedliche Zwecke ist heute in voller Entwicklung; es braucht aber noch geraume Zeit, bis sie zu technisch und wirtschaftlich einwandfreien Lösungen führt. Dank den enormen Mitteln, die von den USA, Rußland, England und Frankreich für die Forschung eingesetzt wurden, sind wir schon einen beträchtlichen Schritt vorwärts gekommen. Das Gebiet der aus der Atomphysik hervorgegangenen Technik ist aber so ungeheuer weitläufig und mit einem so riesigen Aufwand an grauer Rinde, Arbeitskraft und Geld verbunden, daß es Jahrzehnte braucht, um die Spreu vom Weizen zu scheiden und so viel Übersicht zu gewinnen, daß zuverlässige Richtlinien

für den zu verfolgenden Entwicklungsweg aufgezeigt werden können. Selbstverständlich muß auch die Schweiz ihren Beitrag leisten an die Lösung der durch die Nutzbarmachung der Kernenergie gestellten Probleme im Rahmen der ihr zur Verfügung stehenden Fachkräfte und finanziellen Mittel. Infolge ihrer beschränkten Möglichkeiten hat sie sich mit besonderer Sorgfalt davor zu hüten, auf eine falsche Karte zu setzen und Wege zu beschreiten, die in eine Sackgasse führen.

Glücklicherweise ist unser Land dank seinen Wasserkraften und der augenblicklich herrschenden Lage auf dem Markt für fossile Brennstoffe in der Lage, sich mit der nötigen Ruhe zu überlegen, in welcher Art und Weise es sich in den Wettlauf um die Nutzbarmachung der Kernenergie einschalten will. Eigenbrödelei ist dabei fehl am Platze. Die größten Aussichten auf Erfolg bringt nur eine enge Zusammenarbeit mit den uns umgebenden Nachbarn, mit USA, Kanada und England, sowie die Vermeidung jeder Doppelspurigkeit im Inland. Es steht zu viel auf dem Spiel, als daß wir uns erlauben könnten, durch Rivalitäts- und andere Komplexe die Aussichten einer erfolgreichen Anpassung unserer lebenswichtigen Exportindustrie an die Erfordernisse der modernen Technik herabzusetzen.

Soweit die Verhältnisse heute überblickbar sind, wird die Schweiz in den nächsten 10—20 Jahren ihren Bedarf an Rohenergie, die nicht der Erzeugung von Elektrizität dient, wie bis anhin durch Kohle und in steigendem Maße durch Öl und Naturgas — dessen Siegeszug in Europa erst richtig begonnen hat — decken können. Für die Bereitstellung der notwendigen elektrischen Energie wird sie den Ausbau ihrer Wasserkräfte, soweit er sich wirtschaftlich verantworten läßt, zu Ende führen. Da die Produktion von hydraulischer Energie stark von der Wasserführung der Flüsse abhängig ist, die von einem Jahr zum andern um 30% und mehr variieren kann, wird es sich unter Umständen als notwendig erweisen, in Ergänzung unseres Energieaustausches mit dem Ausland eigene thermische Kraftwerke zu erstellen, die vorerst mit konventionellen Brennstoffen und später mit Kernreaktoren betrieben würden. Das Zusammenspiel eigener hydraulischer und fremder thermischer Energie hat sich seit dem Ende des letzten Krieges hervorragend bewährt und zwar ohne daß besondere «Dirigismen» eingeschaltet werden mußten. Da die Rechnung grosso modo in kWh geführt wird, indem beispielsweise eine kWh teure Winterenergie gegen mehrere billigere, anderweitig nicht verwertbare kWh Sommerenergie ausgetauscht wird, bot auch die Devisenfrage von Anfang an keine besonderen Schwierigkeiten. Es ist nur zu wünschen, daß dieser reibungslose Energieverkehr über die Landesgrenzen überspannenden Höchstspannungsleitungen auch in Zukunft nicht gestört wird durch politische Aspirationen gewisser Mitglieder unserer europäischen Völkergemeinschaft.

Wenn wir mit der Erdölforschung in der Schweiz Erfolg haben und kommerziell ausbeutbare Vorkommen entdecken sollten, so wird sich deswegen das Bild unserer zukünftigen Energiewirtschaft nicht grundsätzlich ändern, es sei denn, daß die junge Industrie durch künstlichen Schutz vom rauen Wind der ausländischen Konkurrenz abgeschirmt wird, was zu unliebsamen Störungen auf dem für uns außerordentlich günstigen Brennstoffmarkt führen könnte.

## VI.

Das Alter unserer Erde wird heute auf rund 3 Milliarden Jahre geschätzt. Seit 4 Milliarden Jahren wirkt die Sonne als Energiespender und hat einen bedeutenden Teil der von uns jetzt verwendeten und teilweise verschleuderten Energie vor Millionen von Jahren in Reserve gelegt. Man nimmt auf Grund der neuesten Forschungsergebnisse an, daß die ersten Spuren von Lebewesen auf 500 bis 1000 Millionen Jahre zurückgehen. Die ersten Menschen dürften in der Zeit von 500 000 bis 1 Million Jahren vor unserer Zeitrechnung ihr karges Dasein gefristet haben. Jahrhunderttausende blieben die Naturschätze dieser Erde praktisch unberührt. Erst seit etwas mehr als 100 Jahren ist die Erdkruste in stärkerem Maße aufgebrochen worden. Gleichzeitig hat man in zunehmendem Tempo die unterirdischen Lager an wertvollen Kohlenwasserstoffen angezapft. Naturwissenschaft und Technik verstanden es, die dem Boden entrissenen Grundstoffe industriell zu Gütern zu verarbeiten und dem Ackerboden durch künstliche Düngung Erträge abzurufen, die gestatten, annähernd 3 Milliarden Menschen — wenn auch zum großen Teil ungenügend — zu ernähren. Dabei sind aber die bestehenden leicht ausbeutbaren Vorkommen an Rohstoffen und Energieträgern bereits so stark in Mitleidenschaft gezogen worden, daß ihre Lebensdauer auch bei sehr optimistischen Voraussetzungen noch auf Tausende, vielleicht Zehntausende von Jahren zu bemessen ist, mit andern Worten auf einen Bruchteil des Alters des Menschengeschlechtes. Es muß deshalb ein wichtiges Anliegen der kommenden Generationen sein, mit den uns von der Natur dargebotenen Reichtümern haushälterischer umzugehen als ihre Vorfahren, wenn eine Katastrophe verhütet und die sukzessive Adaptation an die sich mit der Zeit ändernden Verhältnisse ermöglicht werden soll. Das Los des Massenmenschen der Zukunft dürfte, sofern die Bevölkerungszunahme in bisheriger Progression weitergeht, auf keinen Fall beneidenswert sein. Mit fortschreitender Erschöpfung der Rohstofflager wird die Rolle der Energie immer größere Bedeutung erlangen, da der Ersatz der natürlichen Grundstoffe durch künstlich gewonnene die Bereitstellung zusätzlicher Energiemengen erfordert. Es ist beispielsweise denkbar, daß nach Erschöpfung der Vorkommen an Kohle und Kohlenwasserstoffen das für die Synthese von Kunststoffen erforderliche Element Kohlenstoff, wie bei der Pflanze, der Luft entnommen werden muß, was selbstverständlich nur mit bedeutendem Aufwand an Maschinen, Apparaten und Energie möglich ist. Sofern es gelingt, die Kernfusion friedlichen Zwecken dienstbar zu machen, darf man annehmen, daß die Technik in der Lage ist, den Energiebedarf einer wachsenden Menschheit auf Millionen von Jahren zu decken, selbst wenn der Kohlenstoff aus Kalkstein oder Luftkohlendioxid gewonnen werden müßte.

Es darf deshalb betont werden, daß von der technischen Seite der Energieversorgung kein Engpaß zu befürchten ist. Ob die mit der ökonomischen Seite verbundenen Probleme sich lösen lassen, wäre eine Frage, die den Volkswirtschaftler aufs höchste interessieren müßte. Die skizzierten Umstellungen verlangen den Einsatz ungeheurer Mittel und einen riesigen Aufwand an Arbeit und schöpferischem Geist. Wenn die Auswirkungen einer solchen wirtschaftlichen Revolution in vernünftigen Rahmen bleiben sollen, ist es unerlässlich, die

Übergangsperiode auf einen langen Zeitraum auszuweiten. Dies setzt wiederum voraus, daß unsere natürlichen Rohstoffe und Energiequellen sparsam bewirtschaftet werden, was nicht ohne gewisse Opfer des Einzelnen abgeht. Wie bei der Besiedelung eines neuen Erdteils mit zunehmender Bevölkerungsdichte die persönliche Freiheit des einzelnen im Interesse des Ganzen eingeschränkt wird, so läßt sich nicht vermeiden, daß die zivilisatorisch fortgeschrittensten Völker mit der Zeit zugunsten der materiell Benachteiligten Opfer bringen müssen. Diese wiederum haben sich davon Rechenschaft zu geben, daß nur Arbeit und persönlicher Einsatz die materiellen Grundlagen schaffen können, die zu besseren Existenzbedingungen führen.

## VII.

Die Energiewirtschaft der Zukunft wird mit größter Wahrscheinlichkeit im Zeichen des Atoms stehen. Die Kernumwandlungsprozesse wiederum erzeugen außer Energie auch radioaktive Isotopen, die Industrie, Landwirtschaft und Medizin in den kommenden Jahren in unvorstellbarem Maß befruchten werden. Durch die Entwicklung von Energiekonvertern wird es vielleicht möglich sein, Elektrizität aus Strahlung und Wärme zu erzeugen, ohne den Umweg über Gas- oder Dampfturbinen machen zu müssen. Auch die direkte Ausnützung der Sonnenenergie mag einmal eine gewisse Rolle spielen. Nur die Kernenergie ist aber meines Erachtens in der Lage, die Energieversorgung auf lange Frist sicherzustellen. Man darf sich auch durch die gegenwärtige Marktlage für Kohle und Öl nicht beeindrucken lassen; es sind noch keine 10 Jahre her, seitdem die Engländer den Bau von riesigen Atomkraftwerken mit dem Argument der Kohlenknappheit begründet haben.

Das Damoklesschwert eines zukünftigen Mangels an Energie hängt nicht mehr über der Menschheit. Durch die Kernumwandlung ist ihr Macht gegeben worden über ungeheure Naturkräfte, die zum Guten und zum Bösen eingesetzt werden können. Es ist tragisch, daß heute Atomwaffen bereitgestellt sind, die imstande wären, unser Geschlecht auszuradieren, wie es der Diktatorenjargon ausdrückt. Als kleiner Trost mag gelten, daß diese Zusammenballungen von Energie auch friedlichen Zwecken dienen können. Es ist nur zu hoffen, daß die Atombomben den gleichen Effekt haben wie die Giftgase im letzten Krieg: daß sich keiner getraut, sie einzusetzen aus Furcht, daß der Bumerang auf ihn zurückfällt. Die Situation bleibt aber ungemütlich und erinnert an die Weltuntergangsstimmung vor nicht ganz 100 Jahren, als Nobel das Dynamit erfand und damit für jene Zeit ungeheure Wirkungen erzielte. Ich möchte Ihnen die Reaktion unseres bedeutendsten Zürcher Dichters auf jenes Ereignis nicht vorenthalten und meine Ausführungen schließen mit folgendem Gedicht von Gottfried Keller:

Seit ihr die Berge versetzt mit  
archimedischen Kräften,  
Fürcht' ich, den Hebel entführt euch  
ein dämonisch Geschlecht!  
Gleich dem bösen Gewissen geht um die  
verwünschte Patrone,  
Jegliches Bübchen verbirgt schielend  
den Greuel im Sack.  
Wahrlich, die Weltvernichtung, sie nahet  
mit länglichen Schritten,  
Und aus dem Nichts wird nichts:  
herrlich erfüllt sich das Wort!